



## Lämpliga hybridaspkloner för odling i södra och mellersta Norrland

*Clones of hybrid aspen suitable for cultivation in southern and central Norrland*



Foto. Erik Söderholm

**Erik Söderholm**





# Examensarbeten

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2012:18

## Lämpliga hybridaspkloner för odling i södra och mellersta Norrland

*Clones of hybrid aspen suitable for cultivation in southern and central Norrland*

**Erik Söderholm**

### Nyckelord / *Keywords:*

*Populus tremula L., Populus tremuloides Mich., urvalsvinst, tillväxt, överlevnad, klon, urval/  
Populus tremula L., Populus tremuloides Mich., genetic gain, growth, survival, clone, selection*

---

ISSN 1654-1898

Umeå 2012

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*

Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forest Sciences*

Jägmästarprogrammet / *Master of Science in Forestry*

Examensarbete i skogshushållning / *Master degree thesis in Forest Management*

EX0706, 30 hp, avancerad nivå/ *advanced level A2E*

Handledare / *Supervisor:* Göran Hallsby

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

Examinator / *Examiner:* Urban Bergsten

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledaren, och godkänts av examinator. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

This report presents an MSc/BSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

## Sammanfattning

Hybridasp (*Populus x wettsteinii*) är en snabbväxande hybrid mellan europeisk asp (*Populus tremula* L.) och nordamerikansk asp (*Populus tremuloides* Mich.). Det finns svenskt hybridaspmaterial framtaget för odling i Götaland men inte för övriga delar av Sverige. För odling av hybridasp i övriga delar av Sverige rekommenderas ofta finländskt odlingsmaterial. Hybridasp lämpar sig väl som biobränsle tack vare dess höga tillväxt och då efterfrågan på biobränslen förväntas öka är det viktigt att ta fram ett hybridaspmaterial som har högre hårdighet och tillväxt än de hybridaspkloner som finns på marknaden idag. Målet med denna studie var att göra ett urval av lämpliga hybridaspkloner för odling i södra och mellersta Norrland utifrån försök med nyframtaga korsningar. För att bedöma det finländska hybridaspmaterialets hårdighet och tillväxt inventerades 12 planteringar i Jämtland och Västernorrland. Resultaten visade att överlevnaden varierade mellan 10 och 71 % och både tillväxt och överlevnad var signifikant högre på åkermark än på skogsmark. Urvalet av lämpliga hybridaspkloner gjordes på en försökslokal i Bispgården med material från 43 olika korsningar mellan amerikanska, ryska och svenska aspar. Korsningar med amerikanska fäder hade signifikant högre höjd än de med ryska fäder. Resultaten visar att det finländska materialet är ett möjligt alternativ för odling i mellersta Norrland, men stora variationer i mortalitet och tillväxt mellan olika planteringar visar att odlingen förknippas med stora risker. Urvalet av kloner från försöket i Bispgården är ett första steg i förädlingsarbetet av hybridasp som kommer resultera i ett hybridaspmaterial med högre tillväxt lämpligt för odling i södra och mellersta Norrland.

Nyckelord: *Populus tremula* L., *Populus tremuloides* Mich., urvalsvinst, tillväxt, överlevnad, klon, urval

## Abstract

Hybrid aspen (*Populus x wettsteinii*) is a fast growing hybrid between European aspen (*Populus tremula* L.) and American trembling aspen (*Populus tremuloides* Mich.). Swedish material of hybrid aspen is currently available in Götaland, but not for other parts of Sweden. For cultivation in other parts of Sweden clones from Finland is often recommended. The demand for biofuels is expected to increase and thereby also the interest in fast-growing tree species as hybrid aspen. Therefore it is important to develop a selection of clones with higher hardiness and growth than those clones available on the market today. The objective of this study was to make a selection of appropriate clones for cultivation in southern and central Norrland from trials with newly developed crossings. To evaluate the hardiness and growth, measurements of Finnish material were taken at 12 plantations in Jämtland and Västernorrland County. Results shows survival rates between 10 and 71%, both growth and survival was significantly higher in farmland compared to forest. The selection of suitable clones was done in a trial located in Bispgården with material from 43 different crossings between American, Russian and Swedish aspens. Crossings with American fathers showed significantly higher height than crossings from Russian fathers. It was concluded that the Finnish material is a possible option for cultivation in central Norrland, but large variations in mortality and growth between plantings shows that the use is associated with substantial risks. The selection from the trial in Bispgården is a first step in the breeding process of hybrid aspen that will result in clones with higher growth suitable for cultivation in southern and central Norrland.

Key words: *Populus tremula* L., *Populus tremuloides* Mich., genetic gain, growth, survival, clone, selection

## Innehållsförteckning

Inledning.....	1
Målsättning.....	3
Frågeställningar .....	3
Material och metod.....	4
Försöksplanteringar med nya hybridaspkorsningar .....	5
Praktiska planteringar med en finländsk hybridaspklon .....	8
Databearbetning.....	8
Resultat.....	9
Försöksplanteringar med nya hybridaspkorsningar .....	9
Urval .....	11
Praktiska planteringar med en finländsk hybridaspklon .....	12
Diskussion.....	14
Försöksplanteringar med nya hybridaspkorsningar .....	14
Praktiska planteringar med en finländsk hybridaspklon .....	17
Förslag till fortsatt forskning .....	18
Tillkännagivanden.....	18
Referenser .....	19
Bilaga 1. – Korsningsschema .....	21
Bilaga 2. – Resultat presenterade familjevis .....	23

## Inledning

Med hybridasp avses korsningen mellan den nordamerikanska aspen (*Populus tremuloides* Mich.) och den europeiska aspen (*Populus tremula* L.) och dess latinska namn är *Populus x wettsteinii*. Hybridasp är ett snabbväxande trädslag som har uppvisat hög tillväxt i norra Europa och som till största del odlas med kort omloppstid (Stener & Karlsson, 2004).

Energimyndigheten bedrev 2007 – 2010 ett projekt om uthållig tillförsel och förädling av biobränsle, där bl.a. en orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel finansierades (Energimyndigheten, 2010). Studien visade att hybridasp och poppel (*Populus spp.*) är de mest effektiva grödorna som finns tillgängliga idag ur energisynpunkt (Rytter m.fl., 2011). Resultatet baserades på antaganden om energiåtgång vid markberedning, plantering, avverkning, skotning av virke och GROT samt flisning jämfört med möjlig energiskörd för olika odlingssystem med poppel, hybridasp, gran, vete och havre. För att potentialen hos hybridasp och poppel ska kunna tas tillvara behöver bl.a. ett odlingsmaterial tas fram för användning i Svealand och Norrland (Rytter m.fl., 2011). Inom den europeiska unionen (EU) finns mål om en ökad användning av bioenergi och i Sverige kommer en stor del av den råvaran från skogsbruket. Att öka tillväxten genom odling av hybridasp är ett alternativ för att tillmötesgå den förväntade ökningen av efterfrågan på biomassa (Larsson m.fl., 2009). Andra anledningar att satsa på hybridasp kan vara trädslagets korta omloppstid som gör planteringarna mindre känsliga för klimatförändringar och möjligheten till riskspridning i skogsbruket eller jordbruket (Rytter m.fl., 2011).

Enligt Yu m.fl. (2001a) finns flera rapporter som visar på att hybrider har högre tillväxt än korsningar inom samma art. De huvudsakliga orsakerna enligt Rytter m.fl. (2011) till hybridaspens goda tillväxt är:

Heterosis – genetisk förstärkningseffekt vid hybridisering.

Högre motståndskraft mot bladrost (*Melampsora spp.*) och aspskorv (*Venturia spp.*).

En senare invintring tack vare nordförflyttningen av *P. tremuloides*.

Tester i norra USA har visserligen visat på betydande förädlingspotential inom arten *P. tremuloides* (Li m.fl., 1993) men den överlägset snabbaste vägen till hög volymproduktion tycks vara hybrider mellan *P. tremuloides* och andra asparter. Redan utan intensiva urval har dessa hybrider uppnått dubbelt så stor volymproduktion som de bästa korsningarna inom arten (Li m.fl., 1993).

År 2005 fanns det ca 400 ha poppel- och hybridaspodlingar i Sverige och de viktigaste skälen till den låga arealen är enligt Verwijst (2006) brist på rådgivning och lämplig kunskapsförmedling då både lämplig teknik och avsättning för produkterna finns. Hannerz och Bohlin (2010) visade att också markägares attityder kan förklara en del av den begränsade arealen. De främsta skälen mot odling av hybridasp, poppel och *Salix* var ”negativt för landskapsbilden”, ”saknar tillräckliga kunskaper om skötsel och anläggning”, ”osäker ekonomi” och ”dyr etablering” (Hannerz & Bohlin, 2010). Den totala arealen med hybridasp och poppel uppskattades år 2010 till ca 2000 ha i Sverige (Rytter m.fl., 2011).

Den första hybridaspn i Sverige korsades fram i Ekebo 1939 och förädlingen drevs sedan vidare av Svenska tändsticksaktiebolaget (Stener & Karlsson, 2002). Urvalet av föräldratråd gjordes till största del söder om 60:e breddgraden i Sverige och i Polen för *P. tremula* och mellan 45:e och 50:e breddgraden kring de stora sjöarna i Nordamerika för *P. tremuloides*. Många försök och planteringar anlades och förädlingsarbetet fortskred fram till 1960-talet då tändsticksproduktionen minskade kraftigt (Stener & Karlsson, 2002). Förädlingsarbetet med hybridasp i Sverige tog ny fart i mitten av 80-talet då 280 plusträd valdes ut bland de befintliga planteringarna och nya försök anlades. Från dem gjordes senare ett urval av 15 kloner baserat på volymtillväxt efter 10 år och kräftförekomst efter 12-16 år samt rakhet. Klonerna rekommenderas för plantering upp till Mälardalen. Något svenskt framtaget hybridaspmaterial finns inte framtaget för Svealand och Norrland (Rytter m.fl., 2011; Stener, 2011 pers. komm.).

I en utredning av möjligheter till intensivodling av skog (Larsson m.fl., 2009) togs odling av hybridasp på skogs- och åkermark upp som ett exempel på en beprövad tillväxthöjande åtgärd. För odling längs norrlandskusten och i Svealand belystes möjligheten att använda finländskt hybridaspmaterial med en förväntad produktion på upp till 15 m<sup>3</sup>/ha och år med en omloppstid på drygt 30 år. De finländska hybridaspklonerna fanns det ingen odlingserfarenhet av i Sverige, men de antogs av Fahlvik m.fl. (2009) kunna vara ett alternativ i Svealand och på milda lokaler i Norrland. Även Rytter m.fl. (2011) anger de finländska klonerna som ett möjligt alternativ i norra Götaland, Svealand och eventuellt på milda ståndorter i södra Norrland. En plantproducent rekommenderar finländska hybridaspkloner i odlingszonerna tre till fem och eventuellt i den sjätte (Svenska skogsplantor, 2011) vilket inkluderar hela norrlandskusten och en del av inlandet.

Vid arbete med förädling är det önskvärt att det sker så effektivt som möjligt. Tiden och metoden för urval vägs mot kostnaden, minskningen av genetisk variation och den möjliga urvalsvinsten för att bestämma hur och när urvalen ska göras. Ett mått för effektiviteten kan vara den årliga genetiska vinsten minus förlusten i genetisk variation (Danusevicius & Lindgren, 2002). Stener och Karlsson (2004) visade att förädling av hybridasp bör kunna ske med få försök och tidiga urval tack vare låga interaktioner mellan genotyp och miljö samt stark korrelation för tillväxten mellan olika åldrar. Både tillväxt och kvalitetsegenskaper, som t.ex. stamrakhet, bör vägas in vid urvalet om förädlingen är inriktat mot timmerproduktion. Detta eftersom de fann en negativ korrelation mellan stamrakhet och tillväxt.

I ett pågående projekt om snabbväxande trädslag för Norrland som drivs av Jämtlands institut för landsbygdsutveckling (JILU) har nya hybridaspkloner tagits fram genom att korsa aspar från norra Sverige med material från Michigan och Wisconsin i Nordamerika samt Archangelsk och Komi i Ryssland (Schüberg, 2011 pers. komm.). Korsningarna har planterats ut på tre försökslokaler i Sverige. Syftet är att identifiera kloner som kombinerar hög härdighet med hög tillväxt. Målsättningen med projektet är att ta fram plantmaterial med högre härdighet och tillväxt än de hybridaspkloner som finns på marknaden idag och möta det ökande intresset för snabbväxande trädslag i norra Skandinavien. Sedan tidigare finns även planteringar med finländskt hybridaspmaterial anlagda hos privata markägare i Jämtland och Västernorrland (Schüberg, 2011 pers. komm.).



## Målsättning

Genom att öka kunskapen om planteringar med hybridasp i Norrland kan intresset bland markägare ökas för trädslaget. Om användningen av hybridasp i Norrland skall kunna ökas behövs dessutom bättre tillgänglighet på hårdigt odlingsmaterial.

Målet för denna studie är att:

**Identifiera** de mest lovande individerna i försöksmaterialet med nya korsningar och föreslå ett urval till ett fortsatt förädlingsarbete.

**Undersöka** praktiska planteringar med finländskt hybridaspmaterial i Norrland för att beskriva nuläget och bedöma nyttan av förädlingsarbetet.

**Urskilja** trender i föryngringsresultat och finna eventuella samband med markslag och ståndortsegenskaper.

## Frågeställningar

De frågeställningar som har behandlats är:

Vilka kloner är mest lämpade för odling i södra och mellersta Norrland för produktion av timmer, massaved respektive biomassa?

Hur stor är den möjliga urvalsvinsten vid olika selektionsintensitet?

Finns det något samband mellan tillväxt och kvalitetsegenskaper?

Hur skiljer sig höjdtillväxt och överlevnad mellan korsningar med ryska fäder och de som har amerikanska fäder?

Hade ett urval baserat på höjden vid två års ålder gett ett liknande urval som det vid sju års ålder?

I vilken mån kan överlevnad och tillväxt i praktiska planteringar kopplas till odlingslokalens breddgrad och altitud?

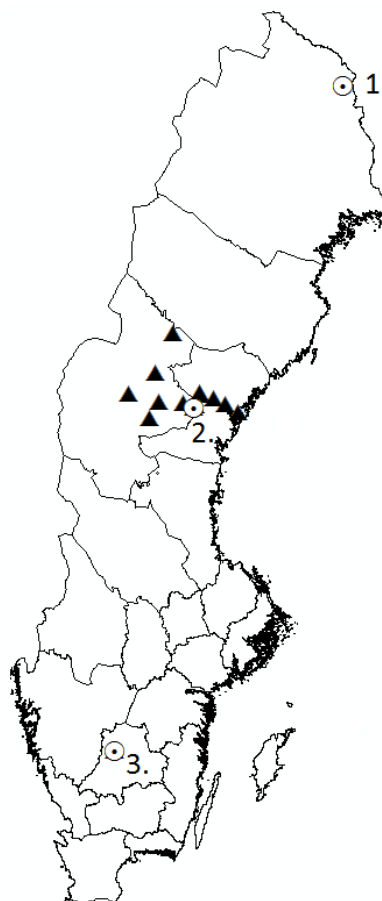
## Material och metod

Materialet består av två delar, dels tre försöksytor anlagda 2006 av JILU och dels praktiska privata hybridaspplanteringar i liknande ålder.

*Tabell 1. Förteckning över försökslokalerna och de inventerade praktiska planteringarna sorterade efter temperatursumman beräknad enligt formel av Perttu och Morén (1995).*

*Överst i tabellen är de tre försökslokalerna*

Lokal	Temperatursumma	Ägoslag
Kitkiöjärvi	609	Åker
Bispgården	988	Åker
Norra Hammar	1262	Skog
Hammerdal	812	Åker
Fisksjölandet	817	Åker
Tåsjö A	820	Åker
Tåsjö B	820	Åker
Rödön	838	Skog
Ammerön	875	Åker
Kullsta	946	Åker
Ås A	957	Skog
Ås B	975	Skog
Nordingrå	1049	Bete, åker
Sollefteå	1052	Åker
Nyland	1106	Åker



*Figur 1. Försökslokaler är markerade på kartan med en svart punkt i en ring. Inventerade privata hybridaspplanteringar är markerade med trianglar. Källa: LMV © Lantmäteriet, I2011/0032.*

## Försöksplanteringar med nya hybridaspkorsningar

### *Försökslokaler och odlingsmaterial*

Försöken finns i Kitkiöjärvi (Norrbottens län), Bispgården (Jämtlands län) och i Norrahammar (Jönköpings län)(figur 1). Odlingsmaterialet består av hybridaspkorsningar framtagna av JILU där fem fäder från Nordamerika och tre från Ryssland samt åtta mödrar från norra Sverige användes (figur 2). Totalt gjordes 43 olika korsningar varav 35 där båda föräldrarna var kända. Plantmaterialet togs fram som fröplantor i Bispgården våren 2005. Blommande kvistar samlades in i mars – maj 2005 och pollinerades sedan enligt bifogat korsningsschema (bilaga 1). Efter ca 1,5 månader bildades frön som såddes omgående. Fröplantorna omskolades på Skadoms plantskola i mitten av juni i Starpot 90 kassetter och odlades vidare först i växthus och sedan på friland. Efter vegetationsperiodens slut lagrades plantorna i jordkällare inför utplantering under våren 2006. I försöken ingår dessutom den finländska hybridaspklonen och hybridaspmaterial från SkogForsk i Ekebo och Sävar (Schüberg, 2011 pers. komm.).



Figur 2. Härkomsten för hybridaspkorsningarnas föräldrar är markerad på kartan. Fädernas härkomster i norra USA och Ryssland är markerade med trianglar. Mödrarnas härkomster i norra Sverige är markerade med cirklar. Källa: Esri worldmap

### *Försöksdesign*

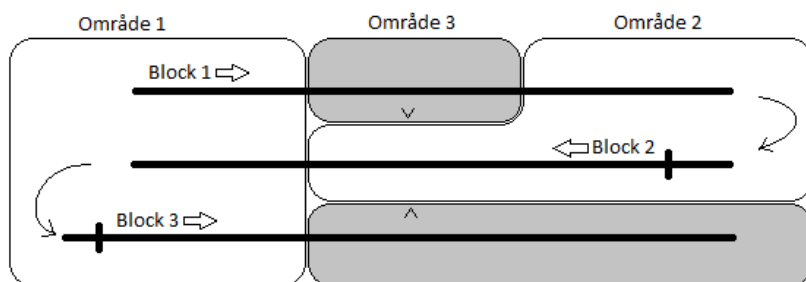
**Avsedd design.** Enligt den ursprungliga försöksplanen (Schüberg, 2011 pers. komm.) skulle tre block ha lagts ut per försökslokal, och 46 parceller per block. En parcell skulle bestå av 2 till 10 plantor med samma föräldraträd, dvs. en familj, och varje familj skulle finnas representerade en gång per block.

**Faktisk design.** Vid inventeringen 2011 konstaterades att upplägget i Bispgården överensstämde med försöksplanen. Försöket i Norrahammar följde inte blockdesignen och familjerna hade ej planterats i slumpvis ordning. Endast en mindre andel av plantorna var märkta vilket gjorde att få hade känd härkomst. Försöket i Kitkiöjärvi har inte inventerats eftersom det framkom vid intervju med markägaren (Manfeldth, 2011 pers. komm.) att inga plantor överlevt till år 2010, troligtvis pga. frostsador. Underlaget som förslagen till urval baserades på begränsades därför till försöksplanteringen i Bispgården. Försöksutläggningen var där gjord i tre parallella ca 160 meter långa rader, ca 3 meter mellan raderna, med 50 cm mellan plantorna.

**Försvårande omständigheter.** Längs med raderna i Bispgården kunde man se en tydlig skillnad i överlevnad och tillväxt; bra i väster, sämre på mitten och aningen bättre igen längst österut. En viss skillnad syntes även mellan blocken. Inom försöket varierande markfuktighet och jordart.

### ***Nyindelning i tre områden***

Som en ansats för att hantera den uppenbara variationen inom försöksblocken gjordes en ny indelning av försöket i områden med mer jämbördiga växtförhållanden. Detta gjordes genom att försöket först delades in i nio delar vars medelhöjder jämfördes med ett ANOVA-test. Tukeys metod användes sedan för att se vilka delar som hade tydliga skillnader i medelhöjd. Tre nya områden skapades genom att slå ihop delar som inte var signifikant skilda från varandra på en 5 % signifikansnivå (figur 3).



Figur 3. Schematisk skiss över försöket i Bispgården med dess tre block och indelningen i tre mer homogena områden.

### ***Datainsamling***

På försöken i Norrahammar och Bispgården mättes alla planterade hybridaspår under september och oktober 2011. Höjd och brösthöjdsdiameter mättes med klave och teleskopisk höjdmätare. Kvalitetsegenskaper uppskattades subjektivt efter en femgradig skala, där ett var bra och fem var dåligt. De kvalitetsegenskaper som bedömdes var rakhets, apikal dominans, grentjocklek, grenantal och grenvinkel. För skador orsakade av kräfta, mindre aspvedbock (*Saperda populnea* L.), åkersork (*Microtus agrestis* L.), vattensork (*Arvicola terrestris* L.) och skogssork (*Clethrionomys glareolus* Schr.) registrerades plantan som skadad eller oskadad. Tidpunkten för invintring noterades som tidig om trädet var helt avlövadt och som sen om en stor del av kronan utgjordes av gröna blad vid inventeringstillfället.

### ***Metod för urval av lämpliga individer***

I ett första steg grundades urvalet på rangordning av de olika individernas stamvolymproduktion. För att identifiera de mest lovande individerna testades tre alternativ:

1. Individerna rangordnades efter deras tillväxt i förhållande till medeltillväxten inom försöket.
2. Individerna rangordnades efter deras tillväxt i förhållande till sitt blocks medeltillväxt.
3. Individerna rangordnades efter deras tillväxt i förhållande till sitt nyindelade områdes medeltillväxt.

Genom att konstruera ett urvalsindex (formel 1) som vägde in kvalitetsegenskaper gjordes även ett urval med hänsyn till individernas lämplighet för produktion av timmer och massaved. Urvalet baserades på de individuella hybridasparnas bedömda kvalitet och stamvolym i förhållande till medelvärde inom sitt nya område enligt alternativ tre (ovan). Det använda urvalsindexet räknades ut genom att den relativa stamvolymen multiplicerades med den relativa kvaliteten. Den relativa kvaliteten beräknades genom att jämföra de summerade skattade värdena för rakhets, apikal dominans, grentjocklek, grenantal och grenvinkel med medelsumman och ta differensens andel av

medelvärde plus ett (formel 1).

$$\frac{v_{xy}}{V_y} * \left( \frac{K_y - k_{xy}}{K_y} + 1 \right) = I_{v*k} \quad (1)$$

Där  $v_{xy}$  = stamvolymen hos planta nummer x i område y  
 $V_y$  = medelstamvolymen inom område y  
 $k_{xy}$  = kvalitetsvärde för planta nummer x i område y  
 $K_y$  = medelkvalitetsvärde inom område y  
 $I_{v*k}$  = urvalsindex för stamvolym och kvalitet

Det gjordes även ett urval av 14 individer från de sju bästa familjerna, två individer från varje familj. Urvalet av familjer och individer baserades på den relativa stamvolymen enligt metod tre beskriven ovan. En anledning till att välja individer från de bästa familjerna är att urvalet förväntas bli säkrare genom att även hänsyn tas till syskonens prestation och inte enbart den utvalda individens prestation. Urvalet förväntas också bli robustare då risken minskar att välja individer som tillväxtrytmässigt ligger nära gränsen för det ohållbara. Dessutom bevaras en genetisk bredd för eventuella framtida urval när urvalen idag görs i flera olika familjer och inte bara i några få (Westin, 2011 pers. komm.).

### ***Jämförelse mellan urval 2007 och 2011, vid två respektive sex år i fält***

Individer med en höjd på en meter eller högre vid inmätningen i november 2007 (ca 10 % av hybridasparna) valdes ut för att se hur dessa hade utvecklats fram till 2011. Överlevnad och höjd var de variabler som undersöktes för att se hur stor del av det tidigare urvalet som skulle finnas representerad i den tionde- respektive tjugonde percentilen i en rangordning 2011. Individernas rangordning 2011 för höjd var enligt alternativ ett (ovan).

## Praktiska planteringar med en finländsk hybridaspklon

### *Planteringslokaler och odlingsmaterial*

Odlingsmaterialet bestod av en klon som år 1998, vid tio års ålder, valdes ut från ett fältförsök med olika korsningar i Nurmijärvi. Modern till klonen är en kanadensisk asp (Br. Col.), men eftersom avkomman var fritt avblommad vet man inte säkert om fadern är en finländsk asp eller en hybrid. Klonen har varit med i en försöksserie med 13 försök. Vid fem års ålder var dess höjdtillväxt bättre än materialet i genomsnitt i alla dessa försök (Ruotsalainen, 2012 pers. komm.) Hybridaspplanteringarna anlades under åren 2005 till 2007 med finländskt material producerat på Nurmijärvi plantskola i Finland. De praktiska planteringarna etablerades på skogs-, betes- och åkermark i Jämtlands och Västernorrlands län. Totalt tolv planteringar hos tio olika markägare inventerades (figur 1; tabell 1). Planteringarna hade en areal från 0,14 till 2 ha. Antalet planterade hybridaspvar varierade från 1100 till 1350 st per ha med undantag från planteringen i Kullsta där plantantalet var drygt 3000 st per ha. Alla besökta hybridaspplanteringar var skyddade av hägn.

### *Datainsamling*

Inventeringen genomfördes i november 2011 med 100 m<sup>2</sup> stora cirkelprovytor som var systematiskt utlagda med slumpmässig startpunkt, enligt en metod beskriven av Nyström och Wilhelmsson (2007). Höjd, brösthöjdsdiameter och skador registrerades för hybridaspvar inom provytorna. Målet för antalet provytor per plantering sattes till tio stycken efter en avvägning mellan tidsåtgång och statistisk säkerhet, utfallet varierade mellan sex och elva provytor. För planteringen i Kullsta sattes målet till 4 provytor och utfallet blev två på grund av beståndets ringa storlek.

## Databearbetning

För bearbetning och analys av data har programmet Microsoft Excel använts. Statistiska analyser gjordes i Minitab 16 med two-sample T-test, korrelationsanalys, ANOVA-test samt linjär regression.

För beräkning av enskilda hybridaspars stamvolym användes en volymfunktion enligt Johnsson (1953).

$$V = 0,00003186D^2H + 0,0043H + 0,0551D^2 - 0,4148D \quad (2)$$

Där     V = stammens totala volym, dm<sup>3</sup>  
          D = brösthöjdsdiameter, cm  
          H = höjd, cm

## Resultat

### Försöksplanteringar med nya hybridaspkorsningar

#### Överlevnad och skador

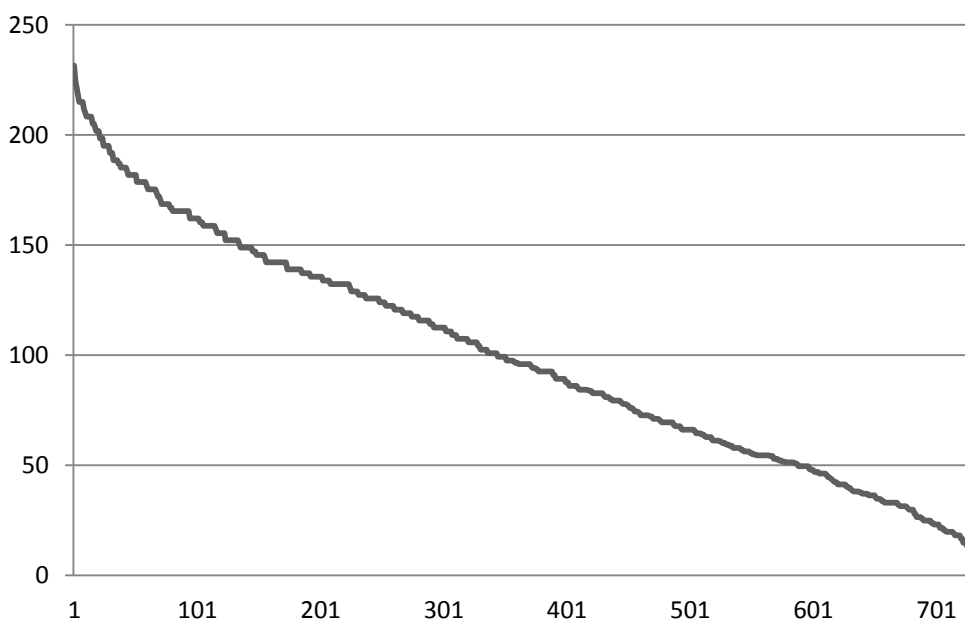
Det fanns ingen förekomst av stamkräfta (*Entoleuca mammata* Wahlenb.) och grenkräfta (*Leucostoma niveum* Hoffm.) på försöket i Bispgården, men en viss förekomst av bladrost efter sex år i fält. Cirka 10 % av de levande plantorna bar spår av sorkskador, och överlevnaden var 69,4 %. I Norrahammar var försöket drabbat av bladrost och två hybridasp från familj nr. 1 hade angrepp av stamkräfta. 5,5 % av de levande hybridasparna i Norrahammar hade spår av sorkskador.

#### Amerikanska och ryska fäder

I Bispgården fanns 46 st levande hybridaspplantor med ryska fäder och 458 st med amerikanska, deras medelhöjd var 14,1 dm respektive 32 dm. Korsningarna med amerikanska fäder hade signifikant högre höjd än de med ryska fäder ( $p=0,000$ ). Överlevnaden var i genomsnitt 78,7 % för familjer med ryska fäder och 70,8 % för familjer med amerikanska fäder.

#### Selektionsvinst

Ett urval av de 15 bästa klonerna baserat på plantans höjd jämfört med försökets medelhöjd gav en selektionsvinst på ca 115 % för höjden (figur 4). Ett urval av de 10 % bästa klonerna, dvs. 73 stycken, gav en selektionsvinst på 91 % för höjden. Ett liknande urval baserat på stamvolymen gav selektionsvinsterna 173 % respektive 116 % jämfört med försökets medelstamvolym. För diametern var resultatet 217 % respektive 156 % jämfört med försökets medeldiameter.



Figur 4. Hybridasparnas höjdfördelning på försöket i Bispgården. Y-axeln visar höjden i procent av försökets medelhöjd och X-axeln visar individernas rangordning. Alla levande hybridasp ingår i underlaget, totalt 728 st.

### ***Jämförelse av ett tidigt urval mot ett senare urval***

Av de ca 10 % högsta plantorna med en höjd på en meter eller högre vid inmätningen 2007, dvs. efter två år i fält, var 42 % bland de 10 % högsta och 62 % var bland de 20 % högsta vid inmätningen 2011. Ca 14 % av dem var döda.

### ***Korrelation mellan kvalitetsegenskaper och tillväxtegenskaper***

Höjden hade ett signifikant negativt samband med poängen för rakhet, och ett signifikant positivt samband till poängen för grenantal, dvs. ju högre höjd desto rakare och kvistigare stam. Detta eftersom kvaliteten bedömdes efter en femgradig poängskala, ett till fem, där god kvalitet gavs låga poäng och dålig kvalitet höga poäng. Diametern hade ett signifikant negativt samband med poängen för rakhet, och ett signifikant positivt samband till poängen för apikal dominans, grentjocklek, grenantal och grenvinkel. Stamvolymen var signifikant negativt korrelerad till poängen för rakhet och apikal dominans, och signifikant positivt korrelerad till poängen för grenantal. Förekomst av bladrost hade ett signifikant negativt samband med höjd, diameter och stamvolym, dvs. individer med högre tillväxt hade mindre angrepp av bladrost (tabell 2).

*Tabell 2. Pearson-korrelation och p-värde mellan fem kvalitetsegenskaper, förekomst av bladrost och tillväxtegenskaperna höjd, diameter och stamvolym*

Kvalitetsegenskaper	Höjd		Diameter		Stamvolym	
	Korrelation	P-värde	Korrelation	P-värde	Korrelation	P-värde
Rakhet	-0,364	0,000	-0,336	0,000	-0,316	0,000
Apikal dominans	-0,066	0,138	0,121	0,006	-0,098	0,028
Grentjocklek	-0,014	0,746	0,143	0,001	-0,017	0,707
Grenantal	0,130	0,003	0,326	0,000	0,105	0,018
Grenvinkel	0,039	0,388	0,130	0,004	0,027	0,546
Bladrost	-0,171	0,000	-0,135	0,003	-0,175	0,000

Stamvolymen var starkast korrelerad till rakhet och grenantal, och dessa samband undersöktes därför ytterligare med hjälp av ANOVA-test. Individerna delades in i fem grupper beroende på kvalitetsklass som jämfördes mot varandra med avseende på medelstamvolym. Tukeys metod användes för att finna delar som var signifikant skilda från varandra på en 5 % signifikansnivå. För kvalitetsegenskapen rakhet hade kvalitetsklass ett en signifikant högre medelstamvolym än klass två, tre och fyra. Individer i klass två hade signifikant högre medelstamvolym än individer i klass tre. För kvalitetsegenskapen grenantal hade individer i klass tre en signifikant högre medelstamvolym än klass ett och två.



## Urval

Det presenterade urvalet baseras på individernas stamvolym eller urvalsindex för stamvolym och kvalitet (formel 1) i förhållande till sitt områdes medelvärde. Individerna står rangordnade med den högst rankade individen först i respektive urval (tabell 3).

De tio familjer som hade högst relativ medelstamvolym jämfört med områdenas medelstamvolym var familj nummer 8, 17, 5, 30, 35, 25, 32, 41, 23 och 36 i storleksordning. Inga individer valdes från familj nummer 25, 41 och 23 eftersom dessa korsningar uppvisat en låg överlevnad på mellan 29 och 50 %. Ingen hänsyn har tagits till familjernas eventuella släktskap med andra familjer vid rangordningen.

*Tabell 3. Resultatet av olika metoder för urval av de femton bästa hybridaspindividerna. De utvalda individerna för respektive metod presenteras i rangordning, från vänster till höger, med den med högst relativ stamvolym eller kvalitetsvägd stamvolym först*

Urvalsmetod	Hybridaspindividens ID (block-plantnummer-familj)
Högst stamvolym jämfört med sitt områdes medelstamvolym.	3-336-39, 3-70-21, 3-290-4, 2-261-5, 2-248-35, 3-50-5, 1-326-8, 3-235-25, 3-68-21, 1-322-8, 1-331-8, 1-5-42, 3-61-29, 2-274-32, 1-328-8
Högst kvalitetsvägd stamvolym jämfört med sitt områdes medelvärde.	3-336-39, 3-290-4, 1-5-42, 1-328-8, 1-330-8, 2-33-38, 1-318-finn, 1-326-8, 2-262-5, 3-235-25, 1-316-finn, 2-27-38, 2-34-38, 1-319-finn, 2-225-17
Högst stamvolym jämfört med sitt områdes medelstamvolym. Två hybridaspär per familj från de sju bästa familjerna.	2-261-5, 2-248-35, 3-50-5, 1-326-8, 1-322-8, 2-274-32, 3-327-30, 3-87-17, 2-278-32, 1-53-30, 2-244-35, 2-225-17, 3-233-36, 2-270-36

## Praktiska planteringar med en finländsk hybridaspklon

### *Överlevnad, tillväxt och ståndortsegenskaper*

Överlevnaden varierade mellan 10 % och 71 % (tabell 4). Överlevnaden var i genomsnitt signifikant högre ( $p=0,036$ ) på åkermark (52,4 %) än på skogsmark (26,0 %). Medelhöjden varierade från 18,7 dm till 59,3 dm (tabell 4) och var i genomsnitt signifikant högre ( $p=0,019$ ) på åkermark (35,6 dm) än på skogsmark (23,5 dm). Medelåldern var 5,88 år på åkermark och 5,33 år på skogsmark.

Ståndortens breddgrad och höjd över havet hade inget signifikant samband med överlevnad och tillväxt. I en linjär regression med planteringarnas grundtevägda medelhöjd som responsvariabel hade ingen av de förklarande variablerna ålder, ägoslag (skogs- eller åkermark), breddgrad eller altitud någon signifikant påverkan på regressionen.

En korrelationsanalys visade medelstarka samband mellan medelhöjd och överlevnad ( $r=0,572$   $p=0,052$ ). Medelhöjd, hgv, medeldiameter och dgv var starkt korrelerade till varandra ( $r>0,9$   $p<0,001$ ).

*Tabell 4. Överlevnad, medelhöjd, grundtevägd medelhöjd (Hgv), medeldiameter och grundtevägd medeldiameter (Dgv) beräknat från provtytor utlagda i praktiska hybridaspplanteringar i Jämtland och Västernorrland. N är antal provtytor och medelfel anges inom parentes. Överlevnaden är beräknad på provtytenivå och höjd, hgv, diameter och dgv är beräknad på trädnivå*

	Ålder		Överlevnad		Höjd	Hgv	Diameter	Dgv
	år	N	%		dm	dm	mm	mm
<b>Tåsjö A</b>	5	7	45 (3,4)		22,0 (1,7)	29,3 (5,3)	13,0 (1,4)	19,7 (4,0)
<b>Tåsjö B</b>	5	6	35 (10,1)		26,1 (1,2)	28,8 (5,4)	14,5 (1,1)	17,4 (3,7)
<b>Kullsta</b>	5	2	71 (6,5)		31,0 (0,8)	32,6 (2,7)	13,9 (0,5)	15,3 (1,4)
<b>Ås A<sup>1</sup></b>	5	9	10 (5,6)		18,7 (1,5)	23,0 (9,9)	7,1 (1,7)	12,3 (6,4)
<b>Ås B<sup>1</sup></b>	5	9	32 (6,4)		29,1 (1,5)	34,2 (5,8)	15,3 (1,3)	20,7 (4,1)
<b>Rödön<sup>1</sup></b>	6	11	36 (12,5)		22,7 (1,6)	32,2 (7,1)	14,8 (1,6)	25,3 (5,5)
<b>Hammerdal</b>	6	10	55 (5,4)		45,1 (1,6)	50,5 (5,9)	29,4 (1,4)	34,8 (4,4)
<b>Nordingrå</b>	6	8	70 (14,3)		38,8 (1,3)	46,7 (6,6)	25,4 (1,4)	36,1 (7,2)
<b>Nyland</b>	6	9	34 (9,8)		37,4 (2,8)	50,5 (10,0)	25,6 (2,7)	39,9 (8,8)
<b>Sollefteå</b>	6	10	58 (9,3)		27,0 (1,7)	40,4 (7,0)	18,0 (1,2)	23,5 (4,3)
<b>Fisksjölandet</b>	7	10	64 (14,0)		59,3 (1,6)	67,9 (6,0)	47,1 (1,8)	57,5 (5,5)
<b>Ammerön</b>	7	8	40 (9,4)		33,3 (1,4)	38,3 (5,6)	19,4 (1,2)	23,9 (3,8)

<sup>1</sup>-plantering på skogsmark

### **Skador**

Andelen levande hybridaspär med sorkskador varierade mellan 0 % och 85 %. Andelen med dubbeltopp eller dubbelstam varierade mellan 0 % och 60 % (tabell 5). En korrelationsanalys visade ett signifikant samband mellan medelhöjd och förekomst av dubbeltopp och flerstammighet ( $r=0,589$   $p=0,044$ ) Antalet rotskott och stubbskott per hektar varierade från 36 till 1289 (tabell 5). Något samband med överlevnaden gick inte att stärka.

Tabell 5. Andel sorkskadade träd, flerstammiga träd eller träd med dubbeltopp samt förekomst av rot- och stubbskott.

	<b>Sorkskador</b>	<b>Dubbeltopp &amp; flerstammighet</b>	<b>Rot- &amp; stubbskott</b>
	%	%	antal/ha
<b>Tåsjö A</b>	57,1	28,6	286
<b>Tåsjö B</b>	15,8	31,6	320
<b>Kullsta</b>	56,8	2,3	150
<b>Ås A</b>	60,0	0,0	122
<b>Ås B</b>	34,4	34,4	1289
<b>Rödön</b>	9,3	14,0	36
<b>Hammerdal</b>	84,8	19,6	470
<b>Nordingrå</b>	0,0	18,3	325
<b>Nyland</b>	26,5	17,6	367
<b>Sollefteå</b>	55,3	21,1	217
<b>Fisksjölandet</b>	17,6	60,0	400
<b>Ammerön</b>	20,0	11,4	563

## **Diskussion**

### **Försöksplanteringar med nya hybridaspkorsningar**

#### ***Urval***

Av de tre föreslagna urvalen av lämpliga kloner för odling i södra och mellersta Norrland (tabell 3) rekommenderas främst urvalet baserat på individernas stamvolym och urvalet baserat på familjernas och individernas stamvolym. Av de olika tillväxtegenskaperna bedömdes just stamvolymen som intressantast vid urvalet eftersom målet med odling av hybridasp oftast är att producera biobränsle eller massaved. Eftersom stamvolymen beräknas utifrån trädets höjd och diameter (formel 2) kommer även dessa tillväxtegenskaper indirekt med i urvalet baserat på stamvolym. Heritabiliteten är viktig att ta hänsyn till vid val av urvalskriterier. Stener och Karlsson (2004) har visat att både höjd-, diameter- och volymtillväxt hos hybridasp har hög heritabilitet (0,38–0,39) och därför till hög grad är genetiskt betingat medan kvalitetsegenskaperna har lägre heritabilitet (0,10–0,29) och i högre grad påverkas av miljön. Zeps m.fl. (2009) har beräknat heritabiliteten i fyra hybridaspförsök i Lettland till 0,20–0,47 för höjd, 0,25–0,33 för brösthöjdsdiameter och till 0,20–0,33 för volym, och baserade sitt förädlingsarbete på höjden eftersom den uppvisade högst heritabilitet. Stener och Karlsson (2004) varnar för att diametertillväxten påverkas mer av konkurrens än höjdtillväxten, men rekommenderar urval baserat på diametern om det sker tidigt, innan påverkan från konkurrens blivit tydlig. Detta eftersom diametern är starkare korrelerat till volym än vad höjden är. På försöket i Bispgården var dock korrelationen mellan höjd och stamvolym ( $r=0,944$   $p=0,000$ ) starkare än den för diameter och stamvolym ( $r=0,885$   $p=0,000$ ).

Genom att dela in försöket i Bispgården i nya områden kunde urvalet av växtliga kloner ske över hela försöksarealen, istället för att nästan uteslutande ske i den västra delen. Om urvalet av de femton bästa individerna baserat på stamvolymen genomfördes utan hänsyn till varierande förhållanden mellan och inom block valdes fjorton av dem från den västra delen av försöket. När hänsyn togs till variationerna genom att se till hybridasparnas stamvolym jämfört med sitt områdes medelstamvolym fördelades urvalet jämnare mellan och inom försökets olika block. En studie av Karlsson och Danell (1992) är ett exempel där ett försök blockindelades efter en subjektiv bedömning av tillväxt och överlevnad i olika delar av försöket för att fånga in variation i försöksytan.

Urvalen (tabell 3) baserades på resultat från en försökslokal vilket gör det svårt att säga om de lämpar sig för odling inom ett så stort geografiskt område som norra Skandinavien eller ens mellersta Norrland. Stener och Karlsson (2004) har dock visat att hybridasp har ett lågt samspel mellan genotypen och miljön gällande tillväxten och kvalitén, vilket tyder på att en rangordning av olika kloner är förhållandevis stabil mellan olika ståndorter. Även Li och Wyckoff (1993) visar på små interaktioner mellan genotypen och miljön för hybridasp. Den låga interaktionen mellan genotyp och miljö tyder på att förädlingen kan bedrivas på få försökslokaler. Yu och Pulkkinen (2003) fann dock signifikanta interaktioner mellan genotyp och miljö för höjd- och diametertillväxt vid ett försök på skogs- och åkermark i södra Finland. Detta tydde på att ett urval gjort på åkermark inte är det optimala för odling på skogsmark.

I ett av urvalen (tabell 3) vägs även hybridasparnas kvalitet in vilket kan vara lämpligt ifall hybridasp ska odlas för timmerproduktion. Metoden för att väga vinsten i stamvolymtillväxt med vinsten i kvalitet är inte baserad på någon vetenskaplig grund utan kan ses som ett exempel på en

metod. Stamvolymtillväxten har fått högre vikt eftersom variationen i relativa tal är mycket större för stamvolymen än för den bedömda kvalitén. Hos de 15 hybridaspär med högst urvalsindex för stamvolym och kvalitet var värdena för stamvolym från 1,70 till 3,77 och för kvalitet från 1,06 till 1,53. Korrelationsanalysen av stamvolymen mot kvalitetsegenskaperna visade att ett urval enbart baserat på stamvolym indirekt hade gett ett kvistigare men rakare odlingsmaterial. För att motverka denna indirekta effekt borde grenantal ha fått en större vikt i urvalet än rakhet. Något som även bör tas i beaktande är hur viktig en kvalitetsegenskap är för användaren, och till vilken grad egenskapen styrs av genotypen respektive miljön, det vill säga heritabiliteten. Om en egenskap har låg heritabilitet och till stor del styrs av miljön ger förädlingsarbetet liten effekt, detsamma gäller om det finns en liten genetisk variation i utgångsläget. Ett sätt att väga olika urvalskriterier mot varandra är att låta information om deras ekonomiska betydelse och deras genetiska potential styra vikten (Yu m.fl., 2001b).

Kvalitet kan beskrivas som graden av måluppfyllelse, där målen i sig alltså bestämmer vad som är intressanta kvalitetsegenskaper. Om målet med odling av hybridasp är att producera så mycket biomassa som möjligt har klassiska kvalitetsegenskaper som stamrakhet och kvistighet mindre betydelse. I Finland startade ett förädlingsprogram för hybridasp 1995 inriktad mot papperstillverkning. Förutom tillväxt och form har koncentrationen av lösligt lignin och fiberdimensioner använts som urvalskriterier (Beuker, 2000). De kvalitetsegenskaper som bedömdes vid inventeringen av försöket i Bispgården valdes med timmerproduktion i åtanke, då raka stammar, liten kvistighet och låg grenvinkel bedömdes som bra kvalitet. Dubbelstammar och grova kvistar är exempel på kvalitetsnedsättande faktorer. Att basera urvalet på torrviktsproduktionen genom att kombinera volymproduktionen med densiteten, till exempel skattat med hjälp av en pilodyn-mätning, är intressant om målet med förädlingen är riktat mot energiodling eller massavedsproduktion. Stener (2010) har visat en korrelation mellan pilodylvärden och klonmedelvärden för densitet hos hybridasp ( $r=-0,66$ ).

### ***Korrelation mellan kvalitetsegenskaper och tillväxtegenskaper***

Det fanns flera kvalitetsegenskaper med signifikant korrelation till höjd, diameter och stamvolym (tabell 2). Rakhet var negativt korrelerat till höjd och diameter, dvs. att individer med hög höjd eller diameter tenderade att ha rakare stammar, vilket går emot resultat presenterade av Stener och Karlsson (2004). Grenantalet var dock positivt korrelerat med höjd, diameter och stamvolym vilket innebär att ett urval baserat på dessa egenskaper ger ett mer kvistigt material. Även detta går delvis mot Stener och Karlsson (2004) som visade att kvistigheten minskade med höjden. Deras undersökning baserades på tio olika försöksytor där korrelationen mellan tillväxt och kvalitetsegenskaper varierade mycket mellan de olika försökslokalerna. Deras resultat visade att det fanns både negativa och positiva korrelationer för både stamrakhet och grenantal mot höjd och diameter beroende på försökslokal.

Stamvolymen var positivt korrelerad till grenantal (tabell 2) vilket innebär att urval enbart baserat på stamvolymtillväxt (tabell 3) indirekt ger ett mer kvistigt hybridaspmaterial. För produktion av massaved och bioenergi har detta troligtvis liten betydelse, men om målet är att producera timmer kan det finnas anledning att väga in kvistigheten som ett kriterium i urvalsarbetet. Yu m.fl. (2001b) visar att fiberantalet bör tas med som ett kriterium om målet är att producera massaved till finpapper eftersom antalet fibrer var negativt korrelerat till volym ( $r=-0,32$ ) och höjd ( $r=-0,65$ ).

### ***Selektionsvinst***

Resultatet visar en mycket hög selektionsvinst för höjd (91 %), stamvolym (116 %) och diameter (156 %) jämfört med försökets medelvärde vid ett urval av de 10 % bästa klonerna om man jämför med resultat från liknande studier. Stener och Karlsson (2004) rapporterade selektionsvinster på 14, 45 och 22 % för höjd, volym och diameter. I en skattning av möjliga urvalsvinster gjord av Karlsson och Danell (1992) i två sexåriga klonförsök med hybridasp var den förväntade vinsten 16 % för höjden vid en utvald andel på 10 %. Dessa båda studier är dock gjorda i ett senare förädlingsläge på kloner som redan genomgått minst ett urval och därför uppvisar en mindre variation i tillväxt än de framkorsade fröplantor som denna studie baseras på. Förbandet i försöket i Bispgården på 0,5x3 m kan leda till en tidig konkurrens mellan hybridasparna. Det finns studier som visar att försöksdesignen kan ha betydelse för konkurrensen och plantornas tillväxt (Magnussen, 1989) och detta kan leda till att selektionsvinsten överskattas eftersom växtliga kloner gynnas. Att de mest växtliga individerna gynnats borde inte ha haft så stor påverkan på vilka individer som valts vid urvalet. Förutom en tidig konkurrens mellan plantorna leder variationerna i miljön inom försöket i Bispgården till att selektionsvinsten överskattats. För att den genetiska vinsten ska skattas korrekt måste miljöns effekt på fenotypen kunna räknas bort.

Även om selektionsvinsten är överskattad visar resultaten den stora genetiska variation som finns hos hybridasp. Detta ger goda förutsättningar till ett effektivt förädlingsarbete.

### ***Amerikanska och ryska fäder***

Amerikanska fäder gav avkomma med högre höjdtillväxt än vad ryska fäder gav. Skillnaden i överlevnad var inte lika tydlig. En anledning till hybridaspens goda tillväxt enligt Rytter m.fl. (2011) är nordförflyttningen av *P. tremuloides* som ger en senare invintring. Detta kan till viss del förklara de amerikanska fädernas övertag tack vare sin sydligare proveniens. De ryska asparnas exakta proveniens är dock osäker. Av familjerna med ryska fäder utmärkte sig familj nr 13, vars far kommer från Komi, med en högre medelhöjd och överlevnad än de andra familjerna med fäder från Archangelsk.

### ***Jämförelse av ett tidigt urval mot ett senare urval***

Ett urval baserat på höjden efter två år i fält hade haft stora likheter med ett liknande urval efter sex år i fält. Av de ca 10 % högsta plantorna 2007 var 62 % bland de 20 % högsta 2011 mätt utan hänsyn till skillnader mellan block och områden. Stener och Karlsson (2004) har visat att det finns en stark korrelation ( $r=0,84$  till  $0,98$ ) för diametern mellan olika åldrar vilket ger goda förutsättningar för urval vid låg ålder. Yu m.fl. (2001a) visade att en rankning av kloner baserad på tillväxt hade liten skillnad mellan andra och femte året. Något som talar mot tidiga urval är att plantorna kan lida av effekter från stress vid planteringen vilket påverkar tillväxten (Yu & Pulkkinen, 2003). Om kloner som är känsliga för angrepp av stamkräfta och grenkräfta ska kunna väljas bort bör det slutgiltiga urvalet inte ske för tidigt eftersom kräftangreppen kan visa sig vid 10 till 15 års ålder (Stener & Karlsson, 2004).

Försöket i Bispgården var utsatt för perioder av torka under de två första tillväxtperioderna i fält (Schüberg, 2011 pers. komm.). Detta kan ha påverkat den initiala tillväxten och mortaliteten hos hybridaspklonerna.

### ***Jämförelse av nya hybridaspkorsningar mot den finländska klonen***

Den finländska klonen samt familj 3, 8, 9 och 21 hade en senare invintring än de andra hybridaspkorsningarna på försökslokalen i Bispgården. Den finländska klonen hade en god tillväxt

och 100-procentig överlevnad. Trots detta finns familjer som i genomsnitt haft högre stamvolymtillväxt. Tre individer av den finländska klonen var bland de femton hybridasp som hade högst urvalsindex baserat på stamvolym och kvalité (tabell 3). I en rangordning baserad på den relativa stamvolymen i förhållande till områdenas medelvärden var den bästa finländska individen på 19:e plats och medelvärdet för den finländska klonen motsvarade en 103:e plats bland de 728 individer som ingick. Den finländska klonen har visserligen vuxit bra men detta visar på nyttan av förädlingsarbetet med hybridasp som troligtvis kommer ge ett hybridaspmaterial med högre tillväxt lämpligare för odling i södra och mellersta Norrland.

### ***Försöket i Norrahammar***

Inga analyser har utförts baserat på försöket i Norrahammar eftersom stora brister i försöksupplägget uppmärksammades vid inventeringen. En stor del av hybridasparna var angripna av bladrost. Rytter m.fl. (2011) anger en högre motståndskraft mot bladrost som en anledning till att hybridasp växer bättre än europeisk asp. Kassfeldt (2009) kom fram till att hybridasp kan infekteras av knäcksjuka (*Melampsora pinitorqua* Braun), men att infektionsgraden var mycket låg jämfört med europeisk asp. I Norrahammar var dock 323 av totalt 368 stycken (88 %) av de levande hybridasparna med en höjd på två meter och högre angripna av bladrost och cirka 12 % bedömdes som allvarligt angripna.

## **Praktiska planteringar med en finländsk hybridaspklon**

### ***Överlevnad, tillväxt och ståndortsegenskaper***

Tillväxten och överlevnaden hos planteringarna med det finländska materialet hade inget signifikant linjärt samband med växtplatsens altitud eller breddgrad. Något som däremot hade en signifikant påverkan var om planteringen var gjord på åkermark eller skogsmark där planteringar på åkermark hade en högre överlevnad och tillväxt. En del av skillnaden i medelhöjd skulle kunna förklaras av att planteringarna på åkermark hade en något högre medelålder.

### ***Skador***

Den genomgående höga mortaliteten berodde till stor del av sorkskador, främst orsakade av åkersork och vattensork. På planteringen i Hammerdal var hela 85 % av de levande hybridasparna sorkskadade, och alla döende hybridasp var ringbarkade av sork vilket visar på det stora problemet med just sorkskador. Rytter m.fl. (2011) anger ogräskontroll genom användning av herbicider och/eller mekanisk markberedning som det effektivaste sättet att minska sorkskador. Även älgskador var vanligt i planteringarna anlagda på skogsmark. På Rödön hade älgar tagit sig in i hägnet tre vintrar i rad och en stor del av hybridasparna var betade. Hägnen på skogsmark var också skadade av nedblåsta hänsyns- och kantzonsträd vilket ökar risken för betesskador.

### ***Förädlingspotential mot skogsskötsel***

Trots att alla inventerade praktiska planteringar bestod av samma klon fanns stora skillnader i tillväxt och överlevnad. Inga tydliga samband med ståndortsegenskaper kunde påvisas förutom för ägoslag. Detta tyder på att, förutom genetiskt ursprung, andra faktorer som t.ex. skötseln kan ha en viktig roll för hybridaspens ungdomsutveckling. Detta belyser vikten av att ta fram och sprida instruktioner och rekommendationer om val av lämpliga ståndorter, metoder för etablering och skötsel av hybridasp anpassade för Norrland.

Fahlvik m.fl. (2009) och Rytter m.fl. (2011) anger det finländska materialet som ett möjligt alternativ på milda lokaler i Norrland. Resultaten från inventeringen bekräftar antagandet men visar också att odlingen förknippas med stora risker. Få inventerade planteringar på skogsmark och endast en undersökt klon minskar möjligheten att dra någon tydlig slutsats om vad som kännetecknar gynnsamma ståndorter. Resultaten tyder dock på att odling av hybridasp på skogsmark bör undvikas.

I Energimyndighetens projekt om uthållig tillförsel och förädling av biobränsle (Energimyndigheten, 2010) var en slutsats att det behövdes tas fram ett odlingsmaterial av hybridasp för användning i Svealand och Norrland. Arbetet som gjorts i och med detta examensarbete är ett första steg för att tillgodose just det behovet.

## **Förslag till fortsatt forskning**

För att utreda klonernas stabilitet och lämplighet för odling i ett större geografiskt område bör klonförsök anläggas på ett flertal olika platser i Svealand och Norrland av de 100 bästa individerna från Bispgården. Testa även hybridaspklonernas känslighet för stam- och grenkräfta och väg in klonernas lämplighet för mikroförökning samt densitet i urvalet.

## ***Tillkännagivanden***

Jag vill tacka:

Försöksledare Håkan Schüberg, JILU

Forskare Johan Westin, SkogForsk

Handledare Göran Hallsby, SLU

Dessutom vill jag tacka markägarna:

Per Kjellsson

Olle Sundin

Per Enzell

Lars Persson

Anders Gräns

Rikard och Ulla Lundgren

Fredrik Burman

Lars Andersson

Lars och Margareta Bovin

Bertil Jakobsson



## Referenser

- Beuker, E. 2000. Aspen breeding in Finland, new challenges. *Baltic forestry*, 6(2): 81-84.
- Danusevicius, D. & Lindgren, D. 2002. Two-stage selection strategies in tree breeding considering gain, diversity, time and cost. *Forest Genetics*, 9(2): 147-159.
- Energimyndigheten, 2011. Bränsleförädling och jordbruksbränslen. Energimyndigheten, Eskilstuna. Rapport ER 2011:22.
- Fahlvik, N., Johansson, U. & Nilsson, U. 2009. Skogsskötsel för ökad tillväxt. Faktaunderlag till MINT-utredningen. SLU, Rapport.
- Hannerz, M. & Bohlin, F. 2010. Markägares attityder till planteringen av poppel, hybridasp och *Salix* som energigrödor – en enkätundersökning. I: Rytter, L., Johansson, T., Karacic, A. & Weih, M. 2011. Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel. Skogforsk, Uppsala. Arbetsrapport nr 733.
- Johnsson, H. 1953. Hybridaspens ungdomsutveckling och ett försök till framtidsprognos. Svenska Skogsvårdsförbundets Tidskrift, 51: 73-96.
- Karlsson, B. & Danell, Ö. 1992. Genotypisk variation och möjliga urvalsvinster i två klonförsök med hybridasp. Institutet för skogsförbättring, Uppsala. Rapport nr 26.
- Kassfeldt, E., 2009. Susceptibility of hybrid aspen (*Populus tremula* x *tremuloides*) to pine twisting rust (*Melampsora pinitorqua*). Examensarbete i skogshushållning. SLU, Inst. för skogens ekologi och skötsel. Umeå
- Larsson, S., Lundmark, T. & Ståhl, G. 2009. Möjligheter till intensivodling av skog. Slutrapport från regeringsuppdrag Jo 2008/1885, SLU.
- Li, B., Wyckoff, G.W. & Einspahr, D.W. 1993. Hybrid Aspen Performance and Genetic Gains. *Northern Journal of Applied Forestry*, 10(3): 117-122.
- Magnussen, S. 1989. Effects and adjustment of competition bias in progeny trials with single-tree plots. *Scandinavian Journal of Forestry Research*, 4(3): 369-377.
- Nyström, K. & Wilhelmsson, E. 2007. Introduktion till mätning av träd och bestånd. Institutionen för skoglig resurshushållning, Umeå.
- Perttu, K. & Morén, A. 1995. Regionala klimatindex - verktyg vid bestämning av skogsproduktion. SLU, Uppsala. Fakta Skog nr 13.
- Rytter, L., Johansson, T., Karacic, A. & Weih, M. 2011. Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel. Skogforsk, Uppsala. Arbetsrapport nr 733.
- Stener, L-G. & Karlsson, B. 2002. Förädling av hybridasp i Sverige. Föreningen Skogsträdsförädlings årsbok, 2003: 7-13.

Stener, L-G. & Karlsson, B. 2004. Improvement of *Populus tremula* x *P. tremuloides* by phenotypic selection and clonal testing. *Forest Genetics*, 11: 13-27.

Stener, L-G. 2010. Tillväxt, vitalitet och densitet för kloner av hybridasp och poppel i sydsvenska fältförsök. Skogforsk, Uppsala. Arbetsrapport nr 717.

Svenska skogsplantor, 2012. Hybridasp och poppel – två snabbväxande trädslag för de bästa markerna i Sydsverige [online]. Tillgänglig:  
<http://www.skogsplantor.se/upload/Folder%20Hybridasp%20%20Poppel.pdf> [2012-02-28]

Verwijst, T. 2006. Storskalig introduktion och utveckling av poppelplantager i Sverige. SLU, Inst. f. växtproduktionsekologi, Uppsala. Rapport nr 3.

Yu, Q. & Pulkkinen, P. 2003. Genotype-environment interaction and stability in growth of aspen hybrid clones. *Forest Ecology and Management*, 173(1-3): 25-35

Yu, Q., Pulkkinen, P., Rautio, M., Haapanen, R., Alén, R., Stener, L-G., Beuker, E. & Tigerstedt, P.M.A. 2001b. Genetic control of wood physicochemical properties, growth, and phenology in hybrid aspen clones. *Canadian Journal of Forest Research*, 31: 1348-1356.

Yu, Q., Tigerstedt, P.M.A. & Haapanen, M. 2001a. Growth and phenology of hybrid aspen clones (*Populus tremula* L. x *Populus tremuloides* Michx.). *Silva Fennica*, 35(1): 15-25

Zeps, M., Auzenbaha, D., Gailis, A., Treimanis, A. & Grinfelds, U. 2009. Evaluation and selection of hybrid aspen (*Populus trmuloides* x *Populus tremula*) clones. *Mezzinatne, Forest science*, 18(51): 19-34. (Lettiska)

### ***Personlig kommunikation***

Manfeldth, Seth. Markägare, Kitkiöjärvi. Telefonsamtal september 2011

Ruotsalainen, Seppo. Forskare, Metla, Finland. Mejlkontakt mars 2012

Schüberg, Håkan. Projektansvarig, JILU, Bispgården. Samtal september 2011

Stener, Lars-Göran. Forskare, Skogforsk, Ekebo. Samtal september 2011

Westin, Johan. Forskare, Skogforsk, Sävar. Samtal september 2011

## Bilaga 1. – Korsningsschema

Tabell 6. Korsningsschema för hybridaspkorsningar vid JILU i Bispgården. Mödrarna är till vänster i tabellen och fäderna är överst. Tabellen används för att se vilka föräldrar en viss korsning har, t.ex. korsning nr 9 har Järpen 2 till mor och T-6-61 som far

♀↓,♂→	T-44-60	T-32-57	T-6-61	T-10-60	T-6-67	Arkangelsk 1	Arkangelsk 2	T-10-06?	Komi 1	T-32-5	ospec
Järpen 1	1	2	3	4	5					6	
Järpen 2	7	8	9		10		11	12	13		
Järpen 2 grupp2				14							
Järpen 3		15	16		17		18				
Flemström	19		20	21	22						
T 7 Mattila			23		24						
T 8 Voijaka	25					26	27				
T 11 Lappträsk		28	29	30	31						
T 17 Åby älv	32				33						
Ospec Järpen 3 grupp 2			34								
Ospec	35	36		37	38						39
Ospec Flemström eller Järpen	40									41	23
ospec grupp 2					42						
oläslig etikett		43									

T-32-5 är med största sannolikhet en felskrivning av T-32-57

T-10-06 är med stor sannolikhet en felskrivning av T-10-60

Ospec står för när etiketten av någon anledning försvunnit och vi inte vet vilken modern eller fadern är.

***Beskrivning av föräldrarnas provenienser:***

T-44-60: Ursprungsträdet stod i Dickinson County, Upper Peninsula of Michigan.

T-32-57: Ursprungsträdet stod väst om Eagle River, WI, i Vilas County.

T-6-61: Ursprungsträdet stod nära Fern, WI, i Florence County.

45 deg 50 min N och 88 deg 22 min W

T-10-60: Ursprungsträdet stod i Porcupine Mountains, Ontonagon County.

46 deg 09 min N 87 deg 39 min W

T-6-67: Ursprungsträdet stod i Porcupine Mountains, Ontonagon County.

46 deg 47 min N och 89 deg 37 min W

Archangelsk 1-2: Pollen insamlat i Archangelsk, Ryssland.

Komi 1: Pollen insamlat i Komi, Ryssland.

Järpen 1-3: Ursprungsträdet stod i Järpen, Jämtlands län.

Flemström: Ursprungsträdet stod i Bispgården, Jämtlands län.

T 7 Mattila: Ursprungsträdet stod i Mattila, Norrbottens län

T 8 Voijaka: Ursprungsträdet stod i Voijaka, norr om Haparanda vid Torne älv,  
Norrbottens län.

T 11 Lapträsk: Ursprungsträdet stod i Lapträsk, Norrbottens län.

T 17 Åby älv: Ursprungsträdet stod någon kilometer väster om Åbyn,  
Västerbottens län.

## **Bilaga 2. – Resultat presenterade familjevis**

Tabell 7. En beskrivning av försöksplanteringen med hybridasp i Bispgården. Resultaten presenteras som medelvärden för varje familj

Familj	Medelhöjd dm	Medeldia. mm	Medelvolym dm <sup>3</sup>	Överlevnad %
1	31,2	16,1	0,97	66,7
2	31,7	18,4	0,93	73,3
3	28,3	16,3	0,85	73,3
4	29,0	14,7	0,87	73,3
5	42,5	27,1	1,39	83,3
6	37,1	24,0	1,08	82,6
7	25,8	14,7	0,72	80,0
8	42,2	24,3	1,33	76,7
9	27,9	14,1	0,83	70,0
10	15,0	2,0	0,51	80,0
11	8,7	1,5	0,32	26,7
12	20,2	8,2	0,63	55,6
13	18,7	6,8	0,60	100,0
14	23,2	13,0	0,74	83,3
15	30,9	18,7	0,88	54,2
16	27,8	13,5	0,86	37,8
17	47,7	27,9	1,54	100,0
18	12,6	1,5	0,48	83,3
19	10,5	3,0	0,34	25,0
20	20,1	7,3	0,60	50,0
21	33,9	18,9	1,12	93,3
22	29,6	15,2	0,93	80,0
23	26,3	15,7	0,73	28,9
24	25,7	13,2	0,81	63,3
25	18,2	9,6	0,53	50,0
26	11,9	0,6	0,49	100,0
27	9,5	0,0	0,41	83,3
28	29,0	16,4	0,82	86,7
29	34,1	18,3	1,04	80,0
30	40,7	25,2	1,21	70,0
31	25,0	9,3	0,79	83,3
32	30,8	17,8	0,98	91,7
33	31,3	17,1	0,89	86,7
34	20,4	6,4	0,69	50,0
35	31,6	19,3	1,01	60,0
36	31,4	16,9	1,00	100,0
37	19,0	3,8	0,69	46,7
38	27,1	12,0	0,89	63,3
39	22,8	11,2	0,76	63,3
40	24,4	11,6	0,76	56,7
41	28,8	19,8	0,82	50,0
42	30,6	17,0	0,95	85,7
43	27,1	13,9	0,80	74,1

*Tabell 8. De planterade kommersiella materialen på försökslokalen i Bispgårdens höjd, diameter och stamvolym samt överlevnad*

Finn	46,9	26,9	1,44	100,0
Sävar	10,7	8,0	0,36	30,0
Ekebo	14,5	5,0	0,47	13,3

## SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2012:2 Författare: Daniel Timblad  
Kvalitet och skador i tallungskog efter röjning vid olika stubbhöjder
- 2012:3 Författare: Aron Sandling  
Epiphytic lichen flora in a boreal forest chronosequence
- 2012:4 Författare: Elsa Bengtsson  
Leaf area index in *Vittelaria Paradoxa* parklands in Burkina Faso estimated by light interception and leaf sampling
- 2012:5 Författare: Tomas Jansson  
Estimation of reindeer lichen biomass by image analysis
- 2012:6 Författare: Axel Eriksson  
Röjningsformens effekt på tallens (*Pinus sylvestris* L.) tillväxt och kvalitetsegenskaper
- 2012:7 Författare: Björn Henningsson  
Inverkan av röjning och gödsling på mikrofibrillvinkeln i tallens (*Pinus sylvestris* L.) ungdomsved
- 2012:8 Författare: Sophie Casetou  
The inter- and intra- specific variability of charcoal traits in boreal ecosystems
- 2012:9 Författare: Andreas Hagenbo  
Allelopathic effects of *Calluna vulgaris* on *Pinus sylvestris* and *Populus tremula*
- 2012:10 Författare: Mikael Öhman  
Utveckling av ett GIS-verktyg för selektion av bränningstrakter – en studie genomförd på SCA-skogs marker inom Medelpads skogsförvaltning
- 2012:11 Författare: Klara Joelsson Hedemyr  
Soil organic carbon and infiltrability in relation to distance from trees (*Vitellaria paradoxa*) with and without termite mounds in a parkland of central Burkina Faso
- 2012:12 Författare: Felicia Olsson  
Tame animals in the wilderness – livestock grazing around summer farms in Jämtland, boreal Sweden 1800-2011
- 2012:13 Författare: Jonas Sjödin  
Undersökning av självspredning av contortatallen i norra Sverige
- 2012:14 Författare: Nils Henriksson  
Measuring N uptake and transport in *Pinus sylvestris* to estimate mycorrhizal transfer efficiency. A tracer/fertilizer experiment in northern Sweden
- 2012:15 Författare: Mikael Sörhult  
Influence of prescribed burning and/or mechanical site preparation on stand stem density and growth of Scots pine stands above the Arctic Circle: - results 9-19 years after stand establishment
- 2012:16 Författare: Per-Olof Nordin  
NPK+ och blå målklassning – indikatorer på vattenkvalitet?
- 2012:17 Författare: Erik Söderbäck  
Utvärdering av markberedning och plantering på SCA:s mark i Norrland 1998-2001. Föryngringsresultat efter 10 år

Hela förteckningen på utgivna nummer hittar du på [www.seksko.slu.se](http://www.seksko.slu.se)